

聚丙烯酰胺对盐渍化土壤氮素的影响

张健, 魏占民, 马鑫, 白寅祯, 王晓宇

(内蒙古农业大学 水利与土木建筑工程学院, 呼和浩特 010018)

摘要:为了研究河套地区盐渍化土壤施用聚丙烯酰胺(PAM)后葵花全生育期内土壤氮素的时空变化规律及其利用率,采用正交试验对葵花生育期内0—100 cm土层土壤碱解氮的动态变化规律及氮肥利用率进行分析。结果表明:施用PAM处理的盐渍化土壤在PAM施用层能够保持一定的碱解氮且不易使碱解氮下移,未施PAM的4个灌水处理在不同程度上均下移至40 cm左右,表明施用PAM明显抑制了氮素深层移动效应。通过正交试验处理及SPSS主效应分析选取三因素最优的适用量为:水量 $1\ 800\text{ m}^3/\text{hm}^2$,氮素 $168\text{ kg}/\text{hm}^2$,PAM量为 $18.75\text{ kg}/\text{hm}^2$,并且PAM施用对中度盐渍化土壤氮肥利用率的影响显著。研究结果可为河套灌区盐渍化土壤合理施氮量及施用PAM对氮肥利用率的影响提供理论依据。

关键词:聚丙烯酰胺;盐渍化土壤;正交试验;氮肥利用率

中图分类号:S156.4⁺9;S278

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2015)04-0012-06

Influence of PAM on Nitrogen of Salinized Soil

ZHANG Jian, WEI Zhanmin, MA Xin, BAI Yinzen, WANG Xiaoyu

(College of Water Conservancy and Civil Engineering Construction, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010018, China)

Abstract: In order to study the temporal and spatial changes of nitrogen and its utilization after applying Polyacrylamide(PAM) in soil salinization of area in Hetao during the whole sunflower growth period, we used the orthogonal experiment to analyze the dynamic change rule of alkali hydrolysable nitrogen and utilization rate of nitrogen in 0—100 cm soil depth during the sunflower growth. The results show that application of PAM could keep certain alkali hydrolysable nitrogen and limit the alkaline hydrolysis nitrogen to move downwards in the PAM application layer of the soil salinization, in the 4 irrigation treatments without applying PAM, alkali hydrolyzable nitrogen moved downward to about 40 cm at different degrees, indicating that application of PAM had the obviously restraining effect on nitrogen movement, and controlled nitrogen leaching, prevented soil barren. Through the analysis of the utilization rate of fertilizer and orthogonal experiment and main effect analysis of SPSS, the selected three optimum factor quantities are following: water is $1\ 800\text{ m}^3/\text{hm}^2$, nitrogen is $168\text{ kg}/\text{hm}^2$, PAM is $18.75\text{ kg}/\text{hm}^2$, and application of PAM has the significant influence on utilization rate of nitrogen fertilizer in moderate salinized soil. The research results can provide the theoretical basis for using reasonable amount of nitrogen application and improving the application of PAM on utilization rate of nitrogen in salinization soil of irrigation area of Hetao.

Keywords: polyacrylamide; soil salinization; orthogonal test; utilization rate of nitrogen

当前,在我国农业生产中氮肥利用率约为30%^[1]。盐渍化土壤由于其pH值和含盐量过高,限制植物对氮素的吸收^[2]。土壤含盐量愈高,各种肥料的氮素挥发损失也愈多^[3],致使盐渍化土壤氮肥利用率低、土壤贫瘠等问题愈发严重。而土壤氮素的空间变异受土壤温度、湿度、pH、土壤结构等的影响,使得氮素的供应发生变化^[4]。土壤碱解氮含量不仅能够较好地反映出近期内土壤氮素的供应状况和氮素释

放速率,而且也是反映土壤供氮能力的重要指标之一^[5-6]。实践证明碱解氮是土壤氮素肥力的重要指标^[7]。因此提高盐渍化土壤的氮肥利用率问题刻不容缓。

PAM是一种絮凝作用能力强的有机胶体,具有增加土壤表层颗粒间的凝聚力,维系良好的土壤结构,防止土壤结皮、增加土壤的入渗,减少地表径流量、防止土壤流失以及抑制土壤水分蒸发等作用^[8]。

收稿日期:2014-11-14

修回日期:2014-12-16

资助项目:内蒙古自治区水利科技计划项目“PAM对盐渍化土壤水肥保持与作物增产效应研究”(Nsk20)

第一作者:张健(1988—),男,内蒙古赤峰市人,硕士研究生,研究方向:节水灌溉理论与新技术。E-mail:729022319@qq.com

通信作者:魏占民(1960—),男,河北无极县人,教授,博士生导师,主要从事节水灌溉理论与新技术。E-mail:wei_zhanmin@aliyun.com.cn

施加 PAM 后,通过创建水稳性团粒和对肥料元素的吸附作用,少了肥料进入土壤液相,抑制肥料元素的流失,使土壤肥力得以保持,有利于作物吸收利用,从而有利于提高肥料的利用率^[9-11],土壤保水性和保肥性得到提高,土壤的通透性和抗旱能力得到改善,给作物的增产提供了条件^[12-14]。施用 PAM 可改善土壤物理性状及抑制土壤水分蒸发等作用效果不仅适用于非盐渍土,对河套地区的轻度及中度盐渍土也同样适用^[15]。目前研究多限于土壤物理性状、肥料利用率、产量效应等以上方面,而在盐渍化土壤上使用,探求 PAM 对氮素保持效应、氮肥利用率的机理研究还相对缺乏。本试验以葵花为研究对象,设计灌溉、施氮量和配合施用 PAM 的多因子试验,探索施用 PAM 对河套地区盐渍化土壤氮素时空分布规律及氮肥利用率的影响,研究成果可为河套灌区盐渍化土

壤 PAM 施用后氮素运移规律、氮肥合理施用量及氮素利用率提高提供理论依据。

1 材料及方法

1.1 试验材料

供试肥料:磷酸二胺(N 约为 16%)、尿素(N 约为 46%);PAM 分子量 500 万;作物品种为葵花品种——先锋 9 号。

1.2 试验地基本情况

试验田选在巴彦淖尔市杭锦后旗陕坝镇,土壤盐渍化类型为中度盐渍化土壤,播种前土壤的基本性状详见表 1,气候属中温带温热带,风多雨少,气候干燥,年平均气温 8.7℃,年均降雨量 134 mm;最低气温为-33.1℃,极端最高气温为 37.4℃。无霜期 140~160 d,气温在 0℃以上的持续时间为 235.7 d。

表 1 供试土壤的主要理化性状

土层深度/cm	盐分含量/(g·kg ⁻¹)	容重/(g·cm ⁻³)	田间持水率/%	有机质含量/(g·kg ⁻¹)	碱解氮/(mg·kg ⁻¹)
0—10	8.42	1.48	17.0	15.74	38.533
10—20	8.39	1.45	16.8	15.67	42.083
20—40	8.21	1.49	17.4	12.25	14.899
40—60	8.35	1.48	17.6	12.36	14.291
60—100	7.38	1.51	17.9	9.87	22.886

注:盐渍化分级标准采用王遵亲中国盐渍土^[16](全盐量评定标准 5~10 g/kg,盐渍化等级为中度)。

1.3 试验方法

试验采取地表混施 PAM 的方式,设置 4 个灌溉水平,即 S₁,S₂,S₃ 和 S₄(其中 S₁ 为当地常规水平,S₂,S₃,S₄ 灌溉水量在 S₁ 基础上依次递减 10%,20%,30%);试验设置 4 个氮肥水平,即 F₁,F₂,F₃ 和 F₄(其中 F₁ 为不施氮,F₂ 为当地常规水平,F₃,F₄ 施氮量在 F₂ 基础上依次递减 20%,40%);试验设置 4

个 PAM 水平,即 P₁,P₂,P₃ 和 P₄(其中 P₁ 为不施 PAM,P₂,P₃,P₄ 为依次递减 50%),具体各因素用量见表 2。由于涉及到 3 个因素 4 个水平,试验选用正交试验,最终试验设计只需进行 16 组试验,重复 2 次,共 32 个小区。小区面积 6 m×10 m,小区之间设置 2 m 的隔离带,行距 50 cm,株距 25 cm。

表 2 试验因素水平设计

试验号	灌溉水量/ (m ³ ·hm ⁻²)	施氮量/ (kg·hm ⁻²)	PAM 量/ (kg·hm ⁻²)	试验号	灌溉水量/ (m ³ ·hm ⁻²)	施氮量/ (kg·hm ⁻²)	PAM 量/ (kg·hm ⁻²)
1	2250	0	0.00	9	1800	0	0.00
2	2250	210	75.00	10	1800	210	75.00
3	2250	168	37.50	11	1800	168	37.50
4	2250	126	18.75	12	1800	126	18.75
5	2025	0	0.00	13	1575	0	0.00
6	2025	210	75.00	14	1575	210	75.00
7	2025	168	37.50	15	1575	168	37.50
8	2025	126	18.75	16	1575	126	18.75

试验于 2013 年 5 月 20 日到 9 月 20 日进行,试验各处理的 PAM 和肥料(磷酸二胺)混匀在葵花播种前撒施(0—20 cm),施撒后灌水(即播前灌溉),5 月 25 日开始播种,播种采用开穴点播的方式,7 月 29 日进行追肥(尿素)及灌水(即生育期灌溉),9 月 20 日收获,葵花生育期降雨量见图 1。

1.4 样品取样方式和测试方法

分别于 2013 年 5 月 20 日(种前)、7 月 5 日(苗期)、7 月 28 日(现蕾期)、8 月 14 日(开花期)和 9 月 22 日(成熟期)5 个具有代表性的时间点分层采集 0—100 cm 土层的土样,分为 0—10 cm,10—20 cm,20—40 cm,40—60 cm,60—100 cm 共 5 层,采用土

钻分层取样方式,测定每个小区土壤碱解氮含量。9月20日取样测定籽粒和盘杆茎的TN含量。碱解氮的测定采用碱解扩散法;TN的测定采用过硫酸铜—紫外分光光度法。

2 结果与分析

2.1 葵花生育期土壤碱解氮的时空分布特性

研究盐渍化土壤碱解氮的时空变化过程,不仅反映着土壤供氮能力和施用 PAM 后碱解氮的分布情况,也反映着 PAM 改善盐渍化土壤后对氮素循环的作用程度。根据葵花生育期内 0—100 cm 土层碱解氮测定数据,利用 Surfer 8.0 软件绘制碱解氮分布等值线图(图 2—5),分析碱解氮的时空变化规律。其中葵花整个生育期分为幼苗期(0~35 d)、现蕾期(35

~55 d)、开花期(55~75 d)和成熟期(75~100 d)4 个生育时期,根据等值线图上线条的疏密程度和变化方向直观地表述盐渍化土壤施用 PAM 后葵花生育期内土壤剖面上碱解氮的时空动态变化过程。

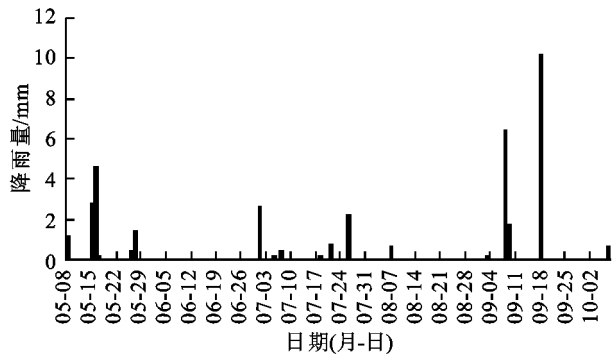


图1 2013年降雨变化

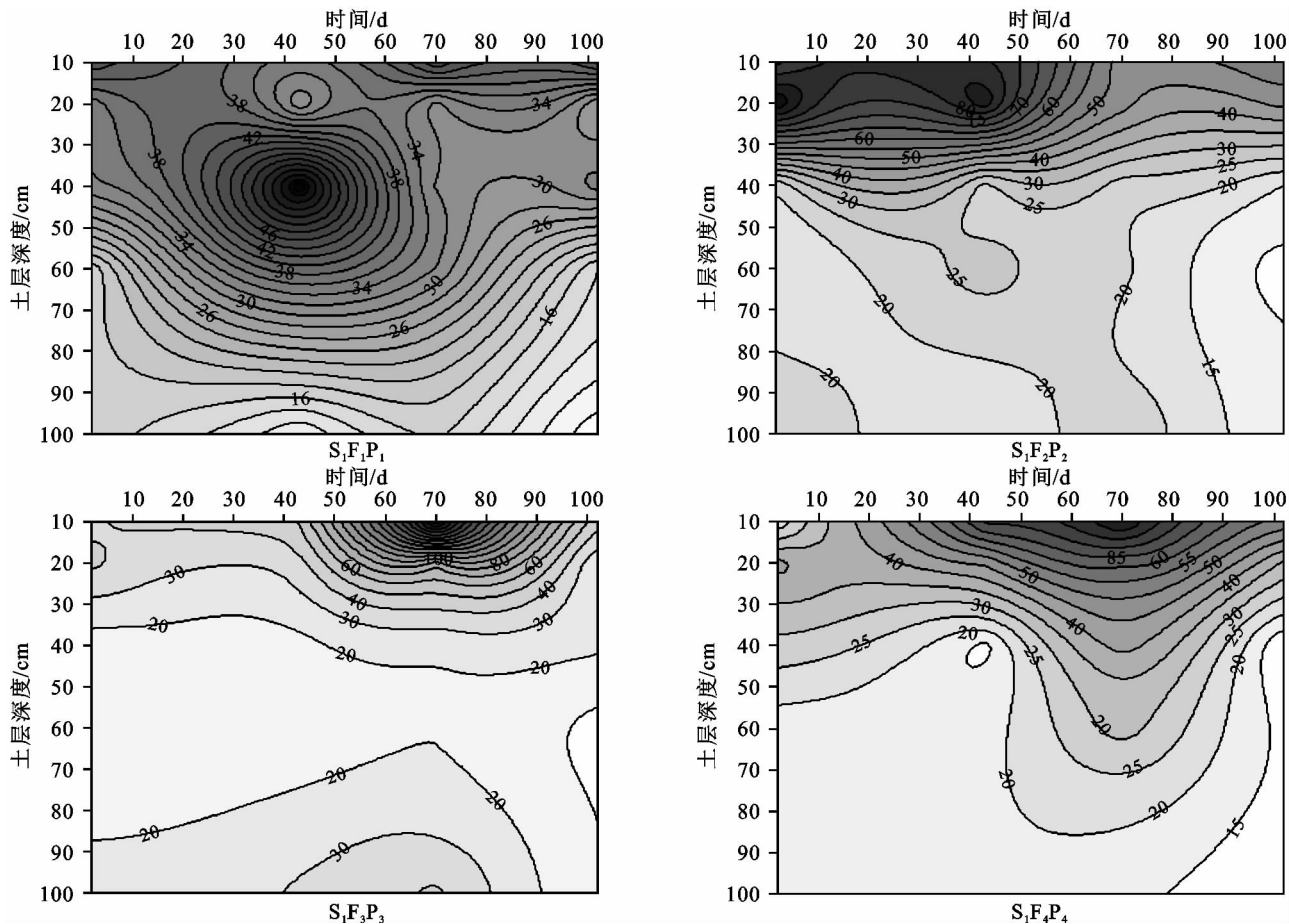


图2 S_i 水平下土壤碱解氮时空分布

由图 2—5 可知,在葵花生生长发育过程中,土壤剖面碱解氮变化具有如下特征:首先碱解氮含量在土壤剖面上分布较为明显,4 个灌溉组合中未施 PAM 的处理,从表层到约 40 cm 处,土壤碱解氮含量明显在升高;施用 PAM 的各个处理,土壤剖面上碱解氮时空变异的总体特征似乎呈现二元结构,即在 0—40 cm 土层范围内土壤上层碱解氮空间变异特征变化明显,造成这种现象的原因可能是 PAM 施用层的土壤结构得到改善,土壤团聚体在 PAM 分子链的胶结作用下表现出更好的稳定

性,增强了土壤保持碱解氮的能力^[15]。在时间序列上土壤碱解氮含量也有一定变化,葵花生育期第 20 天到 50 天的时间段内土壤碱解氮的含量变化十分剧烈,此时期碱解氮消耗较多,且经 PAM 处理的土壤碱解氮变化幅度相对较小,分布相对均匀。而生育期第 63 天又对土壤进行追肥,致使土壤表层碱解氮累积量在生育期第 70 天左右进一步增加,且后期消耗量也随之减小。表明施用 PAM 明显抑制了氮素深层移动效应,起到了控制氮素淋失、防止土壤贫瘠的作用。

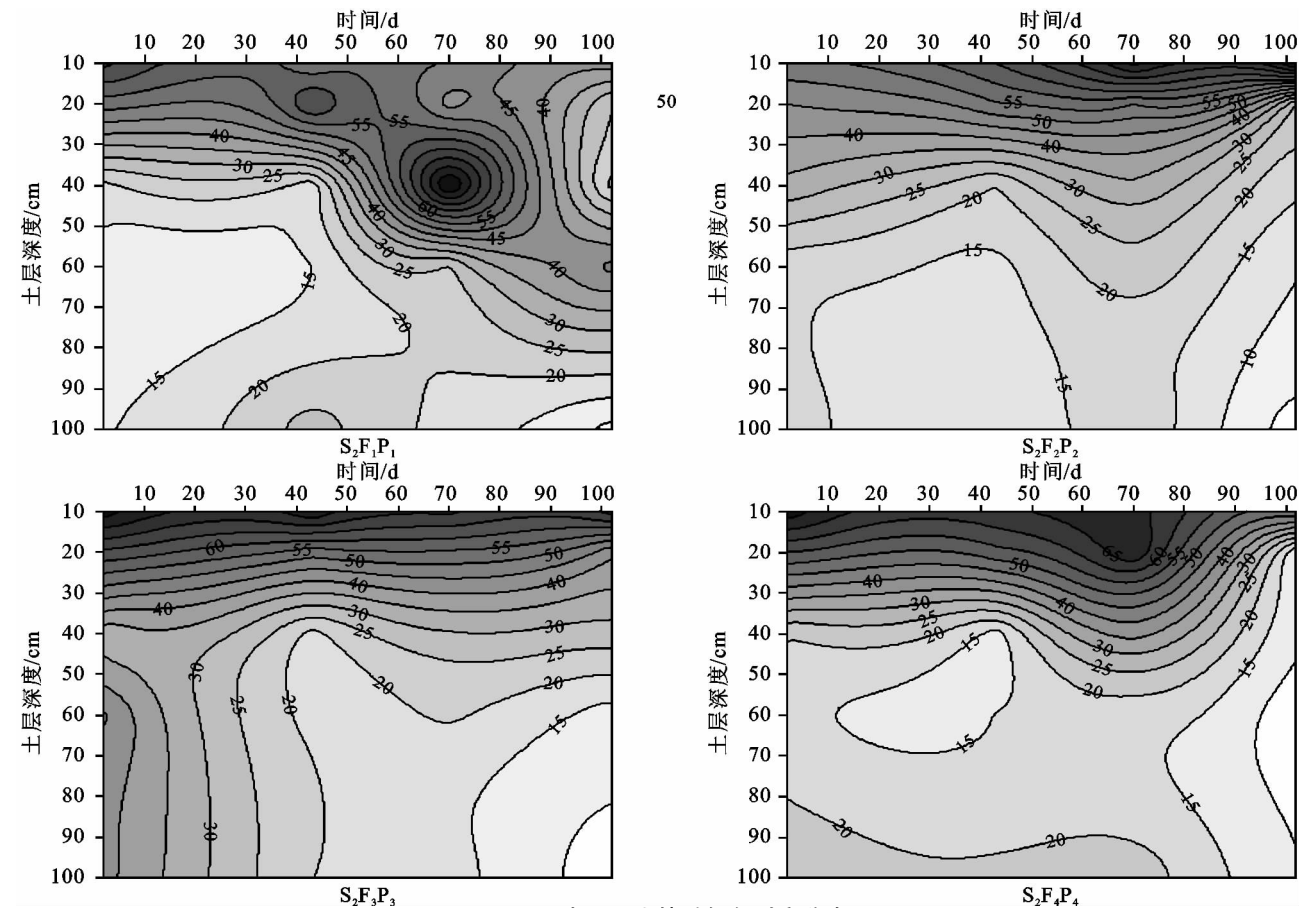


图 3 S_2 水平下土壤碱解氮时空分布

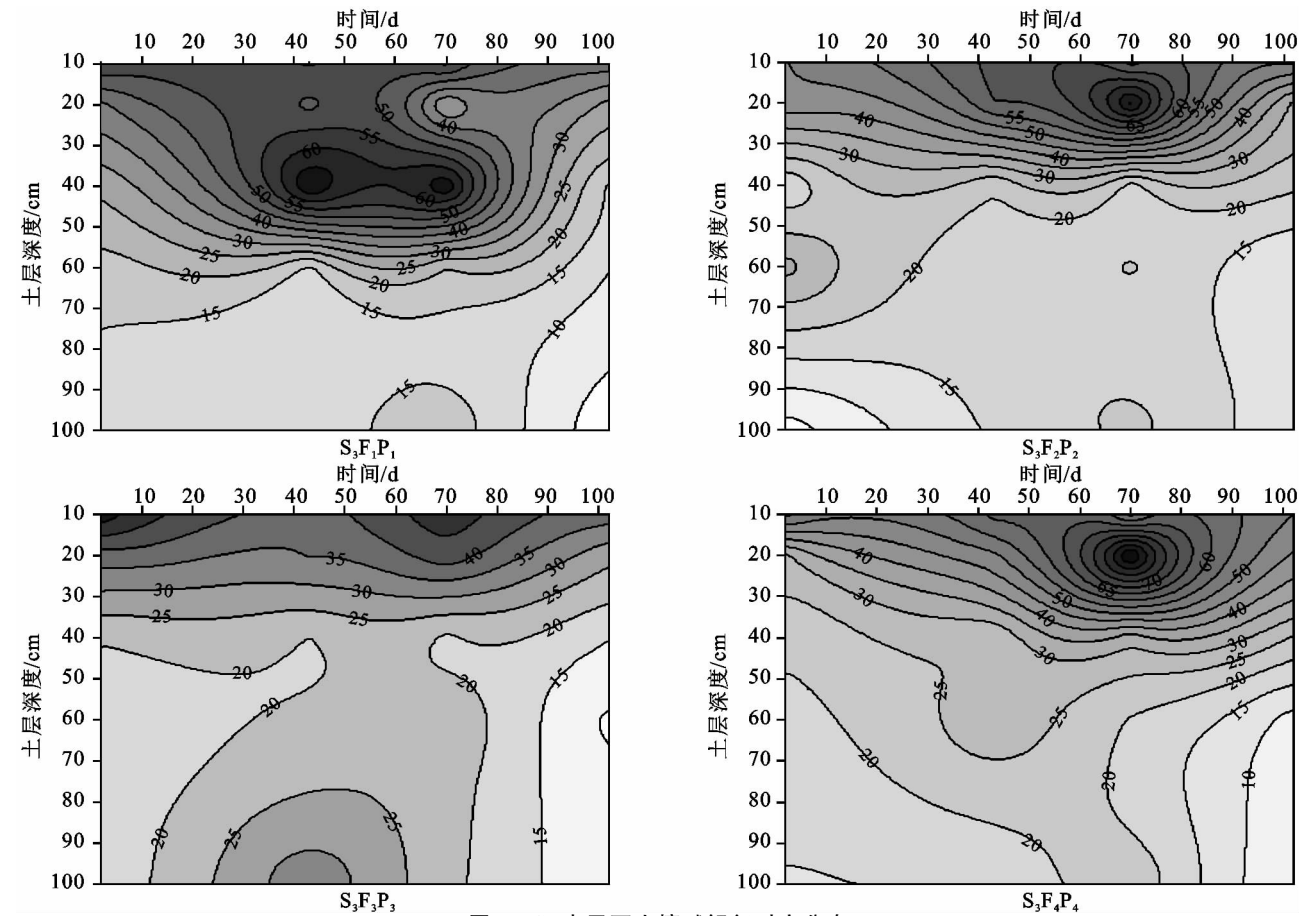
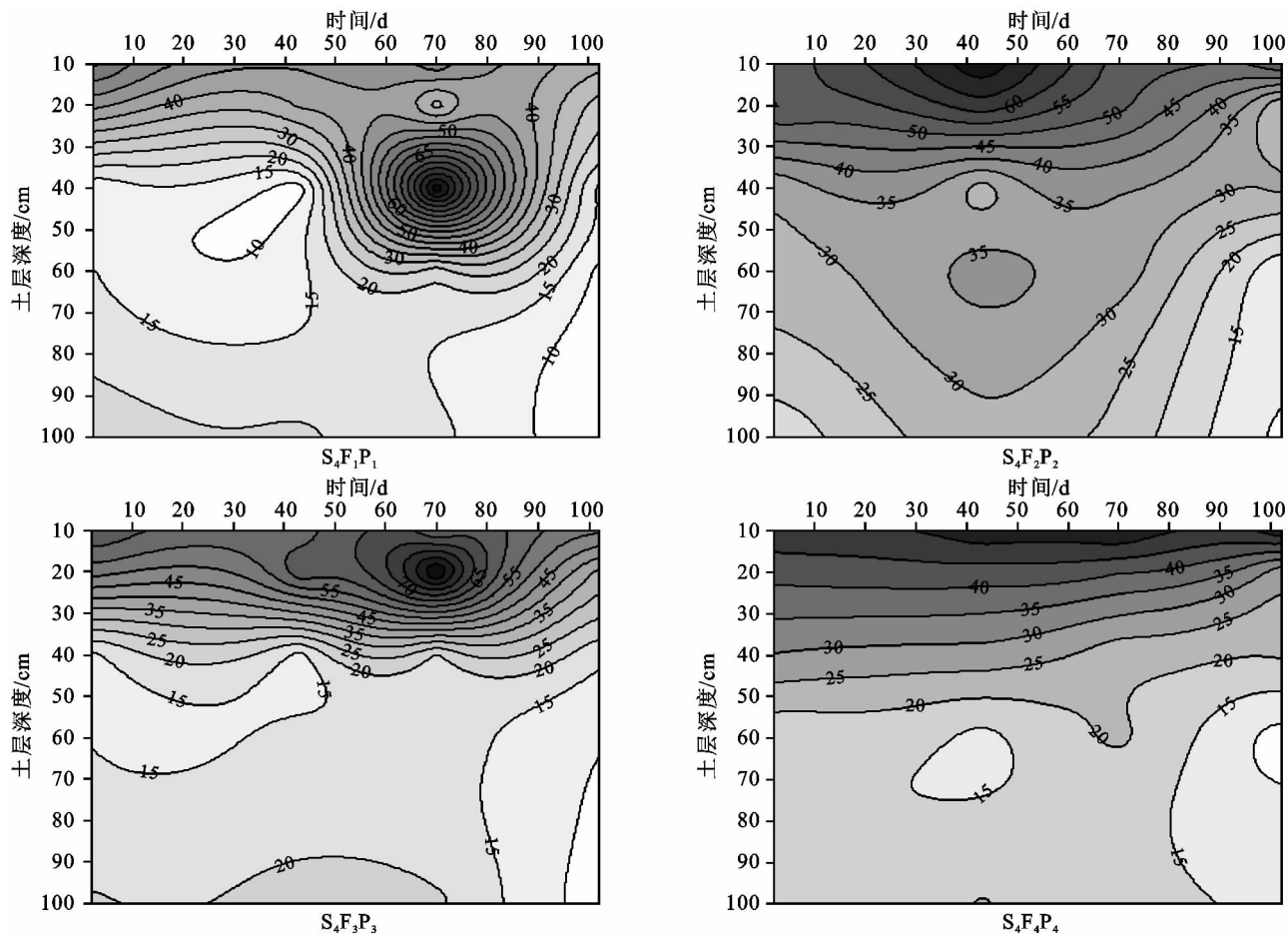


图 4 S_3 水平下土壤碱解氮时空分布

图 5 S_4 水平下土壤碱解氮时空分布

从图还可以明显看出, PAM 施用很好地将碱解氮保留在 PAM 施用层内, 无明显迁移; 而未施 PAM 处理碱解氮的迁移时间随着灌水量的变化而变化。在 S_1 灌溉水平下, 土壤碱解氮在 43 d 左右迁移至 40 cm, 变化幅度为从上层 25 mg/kg 增加至土层下部的 58 mg/kg; 在 S_2, S_3 灌溉水平下, 未施 PAM 的碱解氮在其 20~70 d 时段内发生迁移; 而对于 S_4 灌溉水平下, 未施 PAM 的碱解氮迁移发生在生育期 70 d 左右(生育期灌溉后)。表明灌溉水量的大小对碱解氮的迁移时间及迁移量产生了影响, 这与杨世丽等的结论一致, 即灌溉水量状况影响作物的氮素吸收、转运和利用^[17]。而在图中可以发现, PAM 能够调控其灌溉水量及氮素吸收、运移的关系, 因此盐渍化土壤施用 PAM 具有保氮性的结论得以肯定。

2.2 氮肥利用率及其效应作用

氮肥利用率是指施入的氮肥被当季作物吸收利用的百分率。氮肥利用率受施肥量、施肥种类、土壤特性、作物品种等诸多因素的影响^[18-20], 当代农业生产中氮的利用率很低, 必须采取措施来提高氮素的利用率。PAM 对非盐渍化土壤具有保氮作用可以提高氮肥利用率^[21], 使肥料得到充分利用, 才能降低投

入成本, 增加收入效益。以下着重分析盐渍化土壤 PAM 施用对氮肥利用率的影响。

为了直观起见, 用因子的水平做横坐标, 指标平均值做纵坐标, 画出因子和指标的趋势图(图 6)由图可以发现其理论上最优的组合为 $S_1F_3P_4$ 。

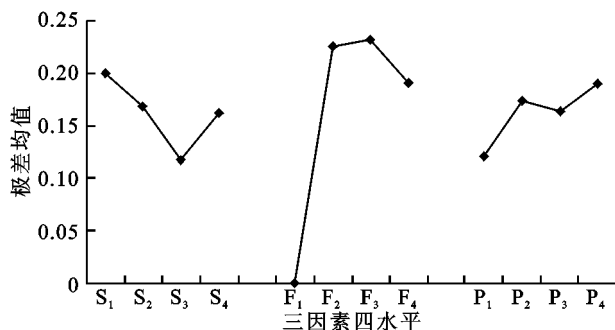


图 6 正交因素极差变化趋势

通过极差法比较可以发现对氮肥利用率的贡献影响: 氮肥 > 水 > PAM。由于极差法没有将由于客观条件的改变所引起的数据波动与试验误差所引起的数据波动区分开来。主效应分析提供了每个因素显著性检验的标准, 使因素是否显著得以判定, 下面对氮肥利用率做了主效应分析(表 3)。

以上进行了正交试验的一般统计分析, 各因素影

响氮肥利用率的主次顺序为:氮肥>灌溉>PAM,氮肥对其氮素利用率的影响达到极显著,灌溉、PAM 的影响显著,且 PAM 在某一范围内对氮肥利用率有一定影响。主效应理论认为:在对各因素的显著性结果比较时,选择最优组合条件只需对显著的因素进行选择,因此以氮肥利用率的大小作为标准,最优的组合是:水量 1 800 m³/hm²·肥料为 168 kg/hm²,PAM 量为 18.75 kg/hm²。

表 3 主效应分析结果

源	Ⅲ型平方和	df	均方	F	Sig.
校正模型	0.526a	9	0.058	14.850	0.000
截距	1.328	1	1.328	337.229	0.000
水	0.034	3	0.011	2.906	0.032
肥	0.463	3	0.154	39.172	0.000
PAM	0.029	3	0.010	2.470	0.047
误差	0.150	38	0.004		
总计	2.004	48			
校正的总计	0.676	47			

3 结 论

(1) PAM 施用很好地将碱解氮保留在 PAM 施用层内,无明显迁移;未施 PAM 的处理可以明显发现碱解氮随着时间的推移有不同程度的下渗。可见施用 PAM 能够明显抑制氮素深层移动效应,达到了控制随灌溉水氮素淋失、防止土壤贫瘠的作用。

(2) 适合河套灌区中度盐渍化土壤水、氮、PAM 用量的最优组合为 S₁F₃P₄(即水量 1 800 m³/hm²,肥料为 168 kg/hm²,PAM 量为 18.75 kg/hm²)。

(3) PAM 施用对中度盐渍化土壤氮肥利用率提高有一定贡献作用,但由于 PAM 对盐渍化土壤的保肥性研究还处于探索阶段,有关 PAM 在轻度、重度等土壤中的作用效果还有待进一步研究。

参考文献:

[1] 郝芳华.流域非点源污染分布式模拟研究[D].北京:北京师范大学,2003.

[2] 杨莉琳,李金海.我国盐渍化土壤的营养与施肥效应研究进展[J].中国生态农业学报,2001,9(2):79-81.

[3] Scn H S,单光宗.淹育盐化土的氮素挥发损失[J].土壤学进展,1990,18(5):43-46.

[4] 许咏梅,冯耀祖,张小玲.土壤速效养分空间变异研究

[J].新疆农业科学,2003,40(2):103-105.

[5] 崔晓阳.东北森林氮素营养的生态学:土壤环境,树种行为及氮营养生态位[M].哈尔滨:东北林业大学出版社,1998.

[6] 陕西省土壤普查办公室.陕西土壤[M].西安:科学出版社,1992.

[7] 付莹莹,同延安,赵佐平,等.陕西关中灌区夏玉米土壤养分丰缺及推荐施肥指标体系的建立[J].干旱地区农业研究,2010,28(1):88-93.

[8] 肇普兴,夏海江,等.聚丙烯酰胺的保土保水保肥及改土增产作用[J].水土保持研究,1997,4(4):98-104.

[9] 员学锋,吴普特,汪有科,等.施加 PAM 条件下土壤养分淋溶试验研究[J].水土保持通报,2003,23(2):26-28.

[10] 张春伦,朱兴明,胡思农,等.缓释尿素的肥效及 N 素利用率研究[J].土壤肥料,1988,6(6):17-20.

[11] 黄元仿,李韵珠.不同灌水条件下土壤氮素淋洗渗漏的研究[C]//现代土壤科学研究.北京:中国农业科技出版社,1994.

[12] 员学锋,吴普特,冯浩.聚丙烯酰胺的改土及增产效应[J].水土保持研究,2002,9(2):55-58.

[13] 单德鑫,李淑芹,张丹,等.聚丙烯酰胺对土壤性质及玉米生育和产量影响[J].东北农业大学学报,2008,39(8):43-46.

[14] 许景钢,单德鑫,李淑芹,等.聚丙烯酰胺对大豆生育及产量的影响[J].大豆通报,2007,6(6):21-24.

[15] 张婉璐,魏占民,徐睿智,等.PAM 对河套灌区盐渍土物理性状及水分蒸发影响的初步研究[J].水土保持学报,2012,26(3):227-231.

[16] 王遵亲.中国盐渍土[M].北京:科学出版社,1993.

[17] 杨世丽,贾秀领,张凤路,等.水氮耦合对小麦叶片硝酸还原酶活性、植株吸氮量及产量的影响[J].华北农学报,2008,23(4):124-129.

[18] 邵蕾,张民,王丽霞.不同控释肥类型及施肥方式对肥料利用率和氮素平衡的影响[J].水土保持学报,2006,20(6):115-119.

[19] 史春余,张夫道,张树清,等.有机—无机缓释肥对番茄产量和氮肥利用率的影响[J].植物营养与肥料学报,2004,10(6):584-587.

[20] 刘学军,赵紫娟,巨晓棠,等.基施氮肥对冬小麦产量、氮肥利用率及氮平衡的影响[J].生态学报,2002,22(7):1122-1128.

[21] 杜建军,苟春林,崔英德,等.保水剂对氮肥氨挥发和氮磷钾养分淋溶损失的影响[J].农业环境科学学报,2007,26(4):1296-1301.